



Buller vid håltagning

Kan man reducera olägenheter
vid ny- och ombyggnadsprojekt?

En förstudie

2007-11-20

Förord

Utvecklingsprojektet "Ljud- och vibrationsfri borrhning, bilning och mejsling – förstudie" har utförts på initiativ av Tidermans och genomförts som ett projekt inom FoU-Väst med medverkan från i första hand Högskolan i Halmstad, AF Bygg (f.d. JK Bygg), F O Peterson & Söner, Sveriges Byggindustrier och simmons akustik & utveckling.

Ett stort tack riktas till samtliga som deltagit i arbetet och bidragit med värdefull input under arbetets gång.

Göteborg i november 2007

Sune Almqvist
projektledare

Innehållsförteckning

Sammanfattning	
1. Inledning.....	1
2. Akustisk bakgrund - Spridning av stömljud.....	3
3. Krav – Gränsvärden för buller.....	7
4. Håltagningsmetoder.....	11
5. Maskiner.....	21
6. Alternativa metoder.....	25
7. Ekonomi och buller.....	27
8. Slutsatser och fortsatt forskning.....	33
Referenser.....	35
Bilaga I	Håltagningsmetoder
Bilaga II	Jämförelse mellan håltagningsmetoder
Bilaga III	Verktyg för håltagning

Sammanfattning

Detta pilotprojekt behandlar den bullerproblematik som uppstår då man i byggprojekt måste bila och borra. Det buller som då uppstår sprids ofta i stommen och skapar besvär för dem som samtidigt befinner sig i byggnaden. Finns det möjligheter att minska på bullret? Finns det möjlighet hindra bullerspridningen. Kan man kanske i vissa situationer undvika borring och bilning genom t.ex. ersätta skruvade infästningar med tejpade? I detta pilotprojekt undersöks vilka krav som beställaren kan ställa, vilka metoder för bilning och borring som det finns, om det finns borrhingsfria alternativ och vilka möjligheter som det finns att reducera stomljud i samband med håltagning.

I kapitel 2 ges en beskrivning om varför stomljud sprids och några förslag till hur detta kan undvikas. Rörelsefogar i byggnaden kan ge en viss dämpning och ljud från stommen kan avskärmas med fristående byggnadsdelar. Även nedpendlade tunga undertak, flytande golv och uppreglade väggar kan användas för att dämpa det stomburna ljudet.

I kapitel 3 ges en beskrivning av krav och gränsvärden för buller. Gränsvärdet för daglig bullerexponeringsnivå är 85 dB, maximal ljudtrycksnivå för högst vara 115 dB och maximalt impulstoppvärde är 135 dB. Gränsvärden får inte överskridas. Om detta ändå sker måste arbetsgivaren vidta omedelbara åtgärder för att minska exponeringen.

I kapitel 4 och 5 beskrivs olika håltagningsmetoder och –maskiner. Metoderna är uppdelade i *borring* – slagborring, diamantborring, kärnborring, diamantkärnborring - och *demolering* – sågning, bilning, spräckning, försiktig sprängning, heating. Metoderna finns sammanställda i bilagor I-III. I kapitel 6 ges några alternativ till ovanstående håltagningsmetoder – stomspikning, tejpning och limning.

Kapitel 7 beskriver med ett verkligt exempel vad buller i ett ombyggnadsprojekt kan kosta. En modell som delar upp kostnaderna i hårda och mjuka, respektive kortsiktiga och långsiktiga beskrivs. Särintäkter vid minskat buller är lägre exponeringstider, bättre arbetsmiljö, minskat inkomstbortfall för affärsdrivande hyresgäster, fler i arbete och bättre effektivitet. Särkostnaderna som kan uppstå då man övergår till bullerreducerande metoder kan vara längre inlärningstider och högre maskinhyror.

I kapitel 8 ges idéer om tänkbara metoder som skulle kunna minska bullerproblematiken. Sådana är: Tigersåg, rensning av dilatationsfogar, borring med mothåll, klenhåls torrborring, tejpning, termolans, laser, försiktig sprängning, vattenjet och kemiska metoder. Fortsatt utvecklingsarbete krävs.

1 Inledning

Detta projekt handlar om den bullerproblematik som uppstår då man i byggprojekt måste bila och borra. Det buller som då uppstår sprids ofta i stommen och skapar besvär för de som samtidigt befinner sig i byggnaden. Vid ombyggnader av t.ex. sjukhus och hotell blir dessa problem speciellt tydliga. Finns det möjligheter att minska på bullret? Finns det möjlighet hindra bullerspridningen. Kan man kanske i vissa situationer undvika borring och bilning genom t.ex. ersätta skruvade infästningar med tejpade?

Genom åren har maskintillverkarna utvecklat och anpassat maskiner för brukaren. De största förbättringarna har skett genom att maskinerna blivit mindre skadliga för maskinanvändaren på grund av vibrationer. Ett kvarstående problem är emellertid bullret. Borring, bilning och mejsling i betong, tegel, puts eller lättklinker är ett stort problem på grund av det buller som arbetet skapar. ROT-projekt genomförs i allt större utsträckning med kvarboende eller pågående verksamhet i fastigheten. Störningar uppstår då för dem som är kvar i byggnaden, när arbeten utförs med slående eller vibrerande maskiner. Speciellt stora blir olägenheterna, när de utförs i vissa ljudkänsliga miljöer som sjukhus, skolor eller hotell.

Vi vill vi i detta utvecklingsprojekt undersöka vilka krav som beställaren kan ställa, vilka metoder för bilning och borring som det finns, om det finns borrhingsfria alternativ och vilka möjligheter som det finns att reducera stomljud i samband med håltagning. Genom en kartläggning av håltagnings- och demoleringsmetoder, visas vad som finns på marknaden, hur det fungerar och vilka bullervolymer som skapas.

Syfte

Vi vill i detta projekt angripa ovanstående problem genom att förutsättningslöst undersöka vilka möjligheter som finns för att kunna minska bullerstörningar från borring, bilning och mejsling i betong, tegel, puts eller lättklinker. Syftet är i första hand att finna åtgärder för att minska bullerstörningar för närliggande boende och verksamheter vid ROT-arbeten. Detta kommer också att skapa en bättre arbetsmiljö för dem som utför arbetet.

I ROT-projekt är det många olika kategorier av aktörer som berörs av bullerstörningar från de byggnadsarbeten som pågår – allt från hotellgäster, fastighetsägare och butiksanställda till generalentreprenörer, underentreprenörer och

maskinleverantörer. I projektet vill undersöka ansvarsfördelning är lämplig eller bör förändras.

I projektet avser vi att klargöra hur stomljudet sprids och vilka frekvenser som är speciellt störande. Projektet syftar vidare till att inventera vilka metoder som finns för att borra, bila och mejsla som är icke störande samt att undersöka om det finns alternativa tekniker för att utföra sådant arbete. Härvid kommer vi att kartlägga vilka krav som ställs på dagens bilnings- och håltagningsmaskiner för att kunna ge förslag på hur dessa krav skall förändras för att stimulera maskintillverkarna för att utveckla mindre bullrande maskiner.

För att få till en förändring i synsättet på buller och vibrationer, måste positiva och negativa konsekvenser av håltagnings- och demoleringsmetoderna göras tydliga. Att beskriva sambandet mellan buller, maskiner och håltagnings-/demoleringsmetod samt att koppla intäkter/kostnaderna till dessa borde kunna skapa ett bättre beslutsunderlag.

Huvudsyftet är att utifrån en relevant ansvarsfördelning och en lämplig kravspecifikation kunna föreslå nya metoder och skapa tekniska möjligheter att lösa bullerproblem för i såväl omgivningen som för utföraren.

Målgrupp

Målgruppen i detta projekt är i första hand beställare och entreprenörer. Det är dessa aktörer som i första hand kan påverka maskintillverkarna att utveckla produkter som klarar av att uppfylla hårdare krav gällande buller och vibrationer utan att reducera kapaciteten hos maskinen. Beställaren är den som i sitt anbud eller i sitt program ställer kravet på värden för bullerexponeringen och entreprenören är den som ska leva upp till kraven.

Beställare: Ställer krav på bullervärden

Entreprenör: Maskinbrukare: Arbetar under kraven och bullernivå, ställer krav hos arbetsgivare/Arbetsgivare: Måste uppfylla krav/Platschef: Efterlever krav och ställer krav på maskinleverantör

2 Akustisk bakgrund Spridning av stomljud

I samband med ombyggnader, reparationer och installationer bearbetar man normalt byggnadsstommen på något sätt. Man slipar eller avlägsnar befintliga ytskikt, river väggar, tar upp öppningar för nya installationer samt fäster in rör och kablar.

Vid bearbetningen måste man i praktiken anbringa en viss kraft för att uppnå det önskade resultatet. En statisk bearbetningskraft genererar inte något ljud, men bearbetningskraften kommer dock att variera, t.ex. på grund av ojämn friktion, eller för att maskinen utför en pendlande rörelse. En slagborrmaskin är konstruerad för att borret skall slå mot och krossa byggnadsmaterialet intill spetsen. Varierande krafter ger olika deformationer i underlaget, som försätter stommen i svängning. Dessa svängningar, eller vibrationer, utbreder sig som en vågrörelse i stommen, liksom ringar på vatten där man kastat in en sten. Vibrationsnivåerna minskar ju styvare och tyngre den bearbetade byggnadsdelen är.

Vibrationer från t.ex. en bilningshammare kan transporteras långt i en tung och styv betongstomme, och ge ljudstörningar i praktiskt taget hela byggnaden. Vibrationerna kommer dock att dämpas något längs utbredningsvägen. Där bjälklag eller väggar bryts av rörelsefogar eller knutpunkter med andra byggnadsdelar kommer en del av vibrationsenergin att reflekteras tillbaka. Bortom fogar och knutpunkter minskar därför vibrationsenergin, men närmare bearbetningsstället kommer den reflekterade vibrationsenergin istället att ge en viss förstärkning.

I lätta byggnadsstommar av trä eller stål dämpas vibrationerna av olika diskontinuiteter, t.ex. balkar eller fogar. Friktion mellan byggnadsdelarna ger också en dämpning av vibrationerna. Man får därför inte samma långväga utbredning i lätta stommar som i tunga. I rum som angränsar till bearbetningsstället kan man dock få mycket höga ljudnivåer.

Vibrerande byggnadsdelar påverkar lufttrycket i ett rum. Tryckväxlingarna påverkar trumhinnan och gör att de som vistas i rummet uppfattar ett ljud. Därför används begreppen vibrationer inom det hörbara frekvensområdet och stomburet ljud (stomljud) ofta synonymt. Tung och styva byggnadsdelar ger låga vibrationsnivåer, men byggnadsdelarna svänger på ett sätt som är effektivt när det gäller att skapa luftljud. Lätta byggnadsdelar ger högre vibrationsnivåer, men kopplingen till luftljudet är dålig, vilket bidrar till att minska ljudstörningarna. Typen av byggnadsstomme påverkar alltså vilken ljudnivå som kan förväntas i rum på olika avstånd från bearbetningsstället.

Metoder för att beräkna vibrationsnivåer och ljudnivåer från stomburet ljud redovisas i ett förslag till svensk och europeisk standard prEN 12354 del 5. Metoderna är avsedda för beräkning av stomburet ljud från olika typer av vibrerande installationer (fläktar, pumpar, rörsystem m.m.), men i princip gör standarden det möjligt för tillverkare av olika verktygsmaskiner att redovisa vibrationskrafter vid normal användning av respektive maskin, som sedan kan översättas till beräknade ljudnivåer i rum i närheten av bearbetningsstället. Luftljud från en bearbetningsmaskin kan också gå direkt genom väggar och bjälklag in till angränsande rum. Om luftljudseffekten från maskinen är känd kan ljudnivåerna i intilliggande rum beräknas med metoder i EN 12354-1.

Hörbarheten i ett stomljud beror på ljudets karaktär och hur det överröstar omgivande bakgrundsljud. Hur störande stomljudet är beror även andra faktorer, t.ex. vilken verksamhet som bedrivs och vilken förväntan eller nytta man kommer att ha av de åtgärder som vidtas. Får man ett hett efterlängtat kylsystem installerat på sitt kontor är man troligen mer tolerant mot ett bearbetningsljud än om man får sin nattsömn eller arbetsro störd av ett oväntat och långvarigt ljud som inte förknippas med någon egennytt.

Den subjektiva störningen kan minskas genom att informera berörda om vilket arbete som skall utföras, när detta skall ske och varför arbetet måste göras just då. Informationen gör att ljudet inte kommer som en överraskning, man ser nyttan med insatsen och man kan planera sitt eget arbete eller vila så att störningen minimeras. Det är sedan viktigt att hålla den tidplan som har angivits så att förtroendet för informationgivaren bibehålls. Dålig eller missvisande information ger en påtaglig ökning av irritationen. En ekonomisk kompensation, t.ex. hyresnedsättning, kan minska den upplevda olägenheten något, men hjälper ju inte mycket om nattsönnen eller arbetsron förstörs helt.

Ljudalstringen från mekanisk bearbetning av en byggnad skulle kunna minskas på olika sätt. Ett sätt vore att försöka minska kraftväxlingarna (med bibehållen statisk anliggningskraft), exempelvis skärande verktyg med diamantbeläggning som ger lägre stomljud än en krossande slagborr. En mycket lågvarvig maskin skulle ge vibrationer med låga svängningsfrekvenser, som ger ett mindre störande ljud, men sannolikt blir en sådan maskin mindre effektiv och man får därför en längre bearbetningstid vilket kan uppfattas negativt. En extremt högvarvig maskin, eller vattenjetstrålar, skulle istället ge vibrationer med höga frekvenser, som dämpas ut snabbare i byggnadsstommen och på så sätt ger mindre ljudstörningar. Att skjuta fast stift, klamrar m.m. ger en kraftig men kortvarig vibrationspuls som i vissa fall kan uppfattas som mindre störande jämfört med en kontinuerlig bearbetning, särskilt om information gått ut i förväg.

Det kan finnas alternativa metoder som klarar de krav som ställs, som inte ger någon ljudstörning alls. Exempelvis kan kablar och lättare utrustning i många fall fästas med lim. I något fall kan man överväga att dra rör eller ställa upp maskiner utanför byggnaden istället för i källaren. Håltagning i exempelvis en källarmur eller yttertak kan i vissa fall göras med hetgas, s.k. termolansering. Rörelsefogar i byggnaden kan ge en viss dämpning och man kan lämpligen kontrollera att de är öppna och fungerar på avsett sätt.

Ljud från stommen kan avskärmats med fristående byggnadsdelar, som inte har kontakt med de delar som leder vibrationer. Nedpendlade tunga undertak, flytande golv och uppreglade väggar kan användas för att dämpa stomburet ljud mot ett utrymme. Sådana åtgärder är normalt mycket dyrbara och de är inte alltid tillräckliga för att helt eliminera ljudstörningar.¹

¹ Simmons, Christian 2005-09-19

3 Krav – Gränsvärden för buller

Buller är ett vanligt förekommande inslag på byggarbetsplatser. Oavsett om arbetsplatsen är en nyproduktion eller ROT-projekt så är håltagning ett oönskat inslag p.g.a. producerade ljudvolymmer. För att begränsa håltagningens störande inverkan på övrig verksamhet, finns det restriktioner knutna till håltagningen. I AFS 2005:16 (Arbetsmiljöverkets föreskrifter kring buller) anges olika förhållningssätt som arbetsgivaren bör ha till buller för att bl.a. försäkra att ingen blir hörselskadad.

Gränsvärde:²

Det finns tre olika sorters ljud; Kontinuerligt, intermittent och impulsljud, vilka skiljer sig genom en varierad ljudnivå. Kontinuerligt ljud har små variationer i nivån till skillnad från intermittent ljud som varierar i nivå hela tiden³. Impulsljud har en varaktighet på mindre än en sekund och karakteriseras av att det är ”plötsligt”⁴. När dessa ljud stiger över en viss frekvens övergår ljud till buller. Det finns tre former av buller; genomsnittligt buller, maximalt buller och impulstopp buller. Till dessa bullerformer finns det gränsvärden som innebär krav kopplade till bullernivåer som utgör en risk för hörselskador.

- Daglig bullerexponeringsnivå är den genomsnittliga bullernivån som en arbetstagare utsätts för under åtta timmars arbetsdag. Gränsvärdet för daglig bullerexponeringsnivå ($L_{EX,8h}$) är 85 dB,⁵
- Maximal a-vägd ljudtrycksnivå är den högsta buller nivå som förekommer under en arbetsdag. Maximal a-vägd ljudtrycksnivå (L_{pAFmax}) för högst vara 115 dB,⁶
- Impulstoppvärdet anger nivån på den högsta kortvariga ljudtoppen som förekommer under en arbetsdag. Maximalt impulstoppvärde (L_{pCpeak}) är 135 dB.⁷

Gränsvärden får inte överskridas. Om detta ändå händer måste arbetsgivaren ta omedelbara åtgärder för att minska exponeringen så att den kommer under gränsvärdena. Arbetsgivaren måste även utreda orsakerna till varför gränsvärdena överskridits och

² AFS 2005:16 §3

³ SOSFS 1996:7

⁴ AFS 1992:10

⁵ <http://www.av.se/amnessidor/buller/regler.shtml>

⁶ <http://www.av.se/amnessidor/buller/regler.shtml>

⁷ <http://www.av.se/amnessidor/buller/regler.shtml>

genomföra åtgärder så att gränsvärdena inte fortsätts att överskridas. Förutom detta måste arbetsgivaren även planera så att bullerexponeringen minimeras. En sådan planering kan enligt AFS 2005:16 §4 bl.a. bestå av ”arbetsorganisatoriska åtgärder” som är en begränsning av exponeringens varaktighet och intensitet, samt anpassning av arbetstider så viloperioderna blir tillräckliga.

Insatsvärde

Förutom att se till att gränsvärdena efterlevs, finns det andra ansvarsområden för arbetsgivaren som t.ex. insatsvärden. Insatsvärden innebär att arbetsgivaren måste vidta åtgärder för att sänka värdena under gränsvärden, beroende på bullernivån regleras sedan åtgärderna – insatsen.⁸

Undre insatsvärden

Enligt AFS 2005:16 har arbetsgivaren en skyldighet att vidta åtgärder om gränsvärdena överskrids. Vid en daglig bullernivå ($L_{EX,8h}$) som uppnår eller överskrider 80 dB eller vid ett impulstoppvärde (L_{pCpeak}) på eller över 135 dB, är arbetsgivaren skyldig att erbjuda den exponerade tillgång till information och utbildning, hörselundersökning om en riskbedömning bekräftar att det finns risk för hörselskada och dessutom ge den exponerande tillgång till hörselskydd (se text om hörselskydd längre ner).

En riskbedömning innebär en identifiering av risker som är knutna till buller. Dessa risker utvärderas för att leda fram till ett resultat, där det konstateras om det finns risk för hörselskador eller inte.⁹

Övre insatsvärden

De övre insatsvärdena innebär en daglig bullerexponeringsnivå ($L_{EX,8h}$) 85 dB, maximal a-vägd ljudtrycksnivå (L_{pAFmax}) 115 dB och impulstoppvärde (L_{pCpeak}) 135 dB. Vid överskridande av de övre insatsvärden måste arbetsgivaren uppföra och genomföra en handlingsplan för att minska bullerexponeringen.¹⁰ Handlingsplanen omfattar en utredning av orsaken/orsakerna till varför insatsvärdet överskridits, att ställa krav på att hörselskydd används och erbjuda hörselundersökning, samt skylta, avgränsa och begränsa tillträdet till det exponerade området.¹¹

Maskiner

Roterande eller slående maskiner ger ett bearbetningsljud som många gånger kan vara starkare än själva maskinljudet. Där starkt bearbetningsljud förekommer rekommenderar AFS att byta till en annan arbetsmetod. Fördelen med att byta arbetsmetod är att resultat märks direkt i den omgivande närheten. Ett byte kan t.ex. bestå av man byter till en mindre maskin eller genomför bullerbegränsade åtgärder på maskinen. En begränsning av maskinbullret kan vara nödvändig för att man ska kunna uppfylla exponeringskrav och undvika hörselskydd.

⁸ <http://www.av.se/amnessidor/buller/regler.shtml>

⁹ <http://www.av.se/amnessidor/buller/regler.shtml>

¹⁰ AFS 2005:16 13§

¹¹ <http://www.av.se/amnessidor/buller/regler.shtml>

Hörselskydd

Vid exponering av buller är det viktigt att bära hörselskydd, t.o.m. korta avbrott minskar hörselskyddens effekt. Vid ljudnivåer omkring 75-80 dB(A) kan det vara motiverat för känsliga personer att använda hörselskydd då de riskerar att bli hörselskadade vid exponering för lägre nivåer än de övre insatsvärdena.¹²

Privat och offentlig verksamhet

Byggverksamheten omfattar företag inom bygg- och anläggning, byggnadsplåtslageri, elinstallation, ventilation, VVS, måleri, glasmästeri och maskinentreprenad.

Inom den privata och offentliga byggverksamheten har antalet bullerskador ökat. Buller tillhör arbetssjukdomar och under 2004 registrerades 208 fall av bullerrelaterade arbetssjukdomar i byggverksamheten, endast inom bygg- och anläggningssektorn utgjorde buller 15 % av orsaken till arbetssjukdomar. Vibrationer anges som 1% av orsaken till arbetssjukdomar. BCA skriver i sin rapport att antalet fall är ”förvånansvärt många” och anledningen till antalet anges vara att yngre yrkesarbetare inte skyddar sig med t.ex. hörselkåpor.

Arbets-skador i byggverksamheten – 04 (BCA – Byggindustrins Centrala Arbetsmiljöråd
BCA 2005:3) - Arbetsmiljöverket

	Byggverksamhet
Antal sysselsatta	235000
Antal arbetsolyckor	2,974
Arbetsolyckor/1000 personer	12,7
Antal arbetssjukdomar	1,585
Arbetssjukdomar/100 personer	6,8
Dödsfall	6

Arbets-skador i byggverksamheten – 04 (BCA – Byggindustrins Centrala Arbetsmiljöråd
BCA 2005:3) - Arbetsmiljöverket

¹² <http://www.av.se/amnessidor/buller/regler.shtml>

4 Håltagningsmetoder

I detta kapitel beskrivs de olika tekniker som idag finns för att ta upp hål i betong. Håltagningsmetoderna är kategoriserade i två grupper: Borrning och demolering. Skillnaden mellan dessa två är att borrning har en begränsad diameter på håltagningen medan demolering innebär att håltagningsområdet är obegränsat. Dessa två områden omfattar i sin tur av ett antal olika metoder. Avsnittet beskriver den håltagningsteknik som används idag, teknikernas olika tillämpningsområden, deras för- och nackdelar samt speciellt hur mycket buller de sprider.

I bilaga I och II redovisas olika håltagningsmetoder och dess egenskaper.

4.1 Borrning

Borrning omfattar ett flertal olika metoder: Slagborrning, diamantborrning, kärnborrning och diamantkärnborrning. Borrning kan ske med handhållen eller stativmonterad maskin. När hål med diameter under 100 mm ska borraras kan handhållen maskin användas men när diametern över 100 mm måste bormaskinen spännas fast. Ofta bultas maskinen fast eller spänns upp mellan golv och tak, i vissa fall används en vaccumsugplatta. Fördelen med vaccumsugplatta är det inte blir något efterarbete som igenfyllning av bulthål. Precisionen med en fastspänd maskin är bättre än med en handhållen.

Traditionell borrning i betong är inte effektivt därför att utbytet mellan inkommande kraft/energi och utgående effekt från maskinen är låg. Metoden innebär att energi från maskinen ”läcker” ut till dess brukare samt till borret i sig. För att borra ett hål krävs det alltså mer energi än för andra metoder. Mycket höga frekvenser och små diametrar gör även att maskinerna vibrerar och skapar buller.

Slagborrning

Slagborrning sker genom att en maskin driver runt ett borr som också med ett förutbestämt intervall slår på borret så att man får en slageffekt med en viss kraft. Slagborrning är därför effektivare än vanlig borrning men dammar och skapar genom kombination av hög frekvens och kraft ett mycket störande ljud. Vid handhållen

slagborrning uppstår skadliga vibrationer för den som borrar. Vibrationsdämpande maskiner dämpar vibrationerna.

Diamantborrning

Diamantborrning minskar effekterna av buller, damm och vibrationer jämfört med t.ex. slagborrning. Borrningen sker utan spänningssprickor i antingen en våt eller torr miljö.

Torrborrning innebär att man kan använda enklare utrustning och man får inga problem med slamuppsamling. Fördelarna med våtborrning å andra sidan är att man inte producerar något damm och det finns inga begränsningar av material att borra i, borrhjup och storlek av borrhjup

Kärnborrning

Kärnborrning innebär att en kärna av t.ex. betong borrar ur en konstruktion. Borrningen sker utan vibrationer och damm, tekniken kan användas med eller utan vatten används vatten samlas det upp i en vattenuppsamlingsring. Maskinen kan antingen vara handhållen eller stativmonterad. Fördelar med handhållen borrning är snabb och enkel positionering. För borrning i betong fungerar handhållen borrning upp till 60 mm i diameter och i andra mjukare material kan man nå upp till 100 mm. Vid stativmonterad borrning når man ett jämnare och precisare resultat, arbetet blir mindre ansträngande och man har inga diameterbegränsning.



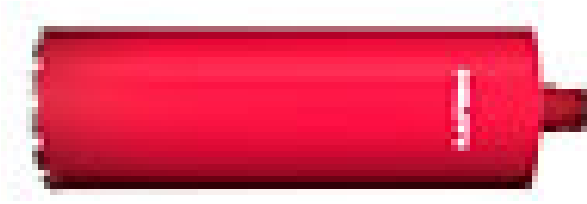
Figur 4.1 Stativmonterad borrning Hilti

Diamantkärnborrning

Diamantkärnborrning bygger på samma princip som traditionell kärnborrning, skillnaden ligger i kärnborret som effektivt kan drivas med en liten maskin. Metoden skapar inte vibrationer och därigenom undviks spänningssprickor i konstruktionen.

Diamantkärnborrning kan användas både som en torr eller våt håltagningsmetod.

Fördelen med att använda vatten är att en vattenkyld diamantborrkrona kan borra i såväl mjuka som hårda material.



Figur 4.2 Diamantkärnborr Hilti

4.2 Demolering

Demolering innebär att bearbeta betong i en konstruktion så att den loss görs. Bearbetningen kan ske med olika metoder som sågning, bilning, spräckning, försiktig sprängning samt heating.

Sågning

Fördelarna med sågning är att metoden är överlag snabb, flexibel, maskinerna är lätthanterliga och sågning ger noggranna resultat. Under sågningsprocessen sker ingen eller minimal skada på kringliggande konstruktion. I vissa sågningstekniker har klingan begränsad livslängd. Tekniken tillåter handhållen sågning, väggsågning, golvsågning, rundsågning.

Sågning med cirkulär sågklinga

Sågning med cirkulär sågklinga är en effektiv och precis metod för att göra öppningar för dörrar, fönster och hisschakt i antingen betong eller stenmaterial. Den cirkulära sågklingan har dock fått hård konkurrens från diamantklingor. I jämförelse avger sågning med cirkulär klinga mer buller och klingan är billigare än en diamantklinga. Handhållen sågning är lämplig vid ytliga sågsnitt men brukaren står i direkt kontakt med maskinen och utsätts då för buller och stora mängder damm.

Diamantsågning

Diamantsågning bygger på vanligt sågteknik men sågklingan är modifierad. Tekniken innebär att man får raka skurna linjer eftersom den utnyttjar sliptechnik istället för kapningsteknik. Det raka snittet gör att det kan tas i bruk direkt, med ett minimalt efterarbete. Tekniken är tystare än sågning med traditionell klinga men den kräver vattenuppsamling vid våt sågning. Maskinerna är snabba, flexibla och ekonomiska. De är dessutom lätta att hantera och producerar noggranna resultat dock är livslängden på klingan begränsad. Problem som kan uppstå är t.ex. slö egg, snittavvikelse, våldsamt vibration, hög bullernivå samt risker för en oacceptabel snittyta.

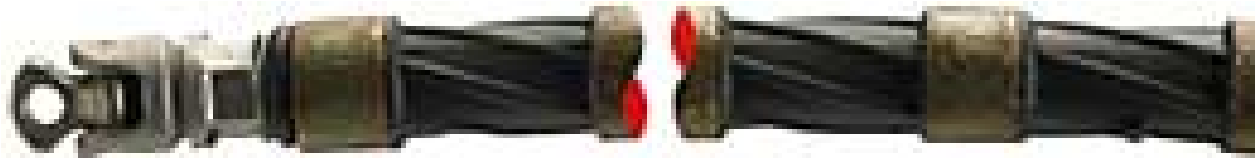
Vajersågning

Vajersågning används när man ska såga stora sektioner av betong. Det är längden på vajern som begränsar sågsnittets storlek. Vajern monteras på ett svänghjul som drivs med elektricitet, bensin eller diesel. Vatten appliceras till sågningen för att för att kyla och spola rent.

Vajersågning används när man ska såga stora sektioner av betong. Det är längden på vajern som begränsar sågsnittets storlek. Vajern monteras på ett svänghjul som drivs med elektricitet, bensin eller diesel. Vatten appliceras till sågningen för att för att kyla och spola rent. Vajersågarna blir mindre och smidigare samtidigt som leverantörerna har börjat tillverka eldrivna sågar som kan ersätta den hydrauldrivna sågen. I och med att det är längden på vajern som avgör sågsnittet har vajersågning ett flexibelt användningsområde. Dock krävs det vattenuppsamling.

Diamantvajersågning

Diamantvajersågning sågar snabbt stora sektioner av betong och tekniken fungerar precis som vanlig vajersågning. I jämförelse med vajersågning är diamantvajersågning tystare och ger mindre vibrationer. Diamantverktygen blir bättre och skär snabbare än tidigare. Diamantvajersågen kan såga genom stort sett all typ av betong och betongtjocklekar, metoden lämpar sig därför till sågning av brobyggen, dammar och tjocka betongkonstruktioner.



Figur 4.3 *Diamantvajer” Holemater”*

Bilning

Bilning innebär att betongen demoleras genom bearbetning. Betongen lösgörs och kan därefter transporteras bort. Bilning kan ske genom mekanisk bilning, vattenbilning eller ultraljudsbilning.

Mekanisk bilning

Metoden innebär att betong krossas med hjälp av en hammare. Bilningen ger skador på konstruktionen, i form av mikrosprickor, eftersom ljud och vibrationer fortplantas i konstruktionen. Mekanisk bilning kan ske antingen genom handhållen bilning eller maskinmonterad bilning.

Vattenbilning

Vattenbilning sker med hjälp av en vattenstråle med mycket högt tryck som lösgör betongen från konstruktionen. Det höga trycket erhålls från en dieseldriven motor som genom en vattenpump genererar ett vattentryck på upp till 2300 bar, vilket är ett tillräckligt högt tryck för att demolera betong. Tillsätts slipmedel i vattenstrålen kan tekniken även användas för skärning av bl.a. armering - tekniken är även känd som ”abrasive water jet cutting”. Vattenbilning i samband med betongreovering har många fördelar. Brandrisken är liten och man slipper damm, vibrationer och stomljud i konstruktionen som bearbetas. Metoden är skonsam ur arbetsmiljösynpunkt. Genom de stora vattenmängder som behövs vid vattenbilning krävs det ett ordentligt vattenuppsamlingssystem. Vattenbilning kan användas för att såga raka linjer samt för kontursågning. De stora nackdelarna med vattenbilning är den stora och komplicerade

utrustningen som behövs och de stora vattenmängder som genereras och som måste tas om hand. Metoden används oftast vid anläggningsarbeten.

Ultraljudsbilning

Genom att spetsen på ett verktyg – sonotrond - sätts i svängning med över 20 000 svängningar per sekund, skapas ultraljud. Eftersom ultraljudsvibrationerna har en liten slaglängd dämpas vibrationerna bort i gränssnittet mellan maskin och användare och därigenom minskas risken för vibrations-skador. Av samma orsak genereras heller inte stomljud. De ljud som kan uppkomma är vissa övertoner. Eftersom frekvensen är mycket hög kan den enkelt dämpas bort med hörselskydd. Den höga frekvensen innebär också att ljudet dämpas ut i luften oerhört snabbt vilket medför att metoden upplevs som helt ljudlös tio till femton meter bort från arbetsplatsen.



Figur 4.4 Ultraljudsbilning med "Sonotrond"

Material som är dammbildande skapar problem vid ultraljudsbilning. Damm dämpar möjligheten för sonotronden att avge ultraljud. Mätningar som har genomförts visar att material med ytskikt större än 6mm skapar ett dammskikt kring sonotronden som begränsar avverkningshastighet. Erfarenheter ifrån tekniken visar att ultraljudstekniken lämpar sig bäst vid ROT-arbeten då avjämningsmassan ofta är tunn.

Tekniken behöver utvecklas ytterligare för att bli konkurrenskraftig med redan existerande metoder. IVF har utvecklat en optimerad elektronik för ultraljudsbilning som fungerar på betong. En innovativ synvinkel av systemet är att IVF utvecklat ett antal metoder för att maximera den akustiska kraft under inte stabila akustiska "förhållanden". För att kunna tillämpa tekniken på borring i betong, föreslår IVF att man skapar ett tryck på borret.

Spräckning

Mekanisk och kemisk spräckning utförs genom att man bryter upp betongen med hjälp av en kraft som trycker mot insidan av förborrade hål. Båda metoderna innebär att man arbetar under minimala buller- och vibrationsnivåer bortsett från det som uppstår då man

borrar hålen. Spräckning kan användas i fall där en kontrollerbar, tyst och dammfri metod är att föredra.

Mekanisk spräckning

Mekanisk spräckning delar betongen med en hydrauliskt driven maskin med tryck från en motor. Ett tryck skapas på insidan av förborrade hål och samtidigt som trycket från maskinen ökar bildas ett nät av sprickor som sakta bryter upp betongen. Den typiska hydrauliska spräckaren har en styrka mellan 150-400 ton, beroende på modell. Mindre maskiner med en lägre kraftkapacitet används vid lätta arbeten eller när utrustningen måste kunna hanteras vid horisontella eller vid under-upp arbeten. Maskinen kan drivas med gas eller elektricitet, men vanligast är att använda sig av tryckluftsdrivna hydrauliska pumpar eftersom kompressorn även kan användas som energikälla för andra maskiner. Flera spräckare kan drivas samtidigt genom den hydrauliska pumpen, som ger mer kraft vid demolering av extra tjock eller kompakt betong. Betongen transporteras sedan bort antingen med handkraft eller med kran. Mekanisk spräckning är en billig, tyst och vibrationsfri demoleringsmetod men kräver förborrade hål, vilket i sig ger buller- och vibrationsnivåer. Förutom detta har man liten eller ingen kontroll av sprickbildning under spräckningen.

Kemisk spräckning

Precis som i mekanisk spräckning utsätts betongen för inre tryck på insidan av förborrade hål. Trycket åstadkoms av en kemisk blandning som injekteras i hålen. Blandningen, som består av ett cementbaserat pulver blandat med vatten, expanderar och ett fint nät av sprickor uppstår och försvagar betongen som slutligen spräcks. Metoden är en av de mer kostsamma spräckningsmetoderna. Fördelarna med kemisk spräckning är att metoden är kontrollerbar, tyst och vibrationsfri om man bortser ifrån från borrningsarbetet. Kemikalierna är temperaturkänsliga och effektiviteten hos dessa reduceras kraftigt vid temperaturer under 0°C. Om kemikalierna hanteras felaktigt kan massan expandera mycket fort vilket då resulterar i en mindre explosion. Därför finns det höga säkerhetskrav vid kemisk spräckning.

Försiktig sprängning

Genom att fylla förborrade hål med dynamit kan man spränga bort betongen mellan laddningarna – de förborrade hålen. Det exploderande medlet består antingen av ett pulver eller en massa som är känsligt för nitroglycerin/nitroglycerol. Sprängning används generellt för att ta bort stora volymer av betong. Metoden är mångsidig men chockvågen från sprängningen kan skada omkring liggande struktur genom mikrosprickor runt laddningarna. Dessutom kräver försiktig sprängning ett högt säkerhetstänkande. Bullerexponeringen blir vid riktigt genomförande obetydlig bortsett ifrån den borring som krävs.

Resultat från experiment (Molin 1983) visade att försiktig sprängning var en i jämförelse med t.ex. bilning konkurrenskraftig demoleringsmetod ur såväl ekonomisk som teknisk synvinkel. Även arbetsmiljön visade sig vara bättre även om stora mängder damm skapades under sprängningen. Utrustningen är lätt och flexibel vilket gör tekniken till en mobil demoleringsmetod.



*Figur 4.5 Exempel på sprängning
(Från CBI informerar 3:86)*

Heating

Heating är en metod som innebär att värma upp ett material till så hög temperatur att materialet deformerar av värmen. Heating kan antingen utföras som en termisk borrar/skärning där betongen smälts eller som en spräckning genom uppvärmning av antingen armering eller betongen:

- Termisk borrar, håltagning och sågning med hög temperatur - låga, plasma eller laserstråle,
- Spräckning genom elektrisk heating av armering.
- Spräckning genom elektrisk heating av betong.

Termisk borrar och håltagning

Termisk borrar sker en teknik som kallas plasmaflamlans, ett verktyg som ytterst består av ett elektriskt isolerat inrör och ett yttre rör av järn. Gapet mellan rören fylls med syre, nitrogen eller hydrogen som matas genom det inre röret. Det yttre röret fungerar som en katod och det inre som en anod. Detta skapar en lans som smälter betongen.

Termisk skärning/sågning

Termisk skärning innebär att en teknik kallad termisk flamlans används och metoden innebär att betong smälts ner. Verkyget för den termiska lågan- eller den termiska lansprocessen består av ett rör med 13-17 mm yttre diameter, innehållande en vajer av en järn- eller aluminiumlegering. Syre får sedan passera mellan vajrarna som skjuts ut till spetsen av röret. Vid tändning brinner sedan vajern i en atmosfär av syre för att upprätthålla en hög temperatur. Betongen kan skäras i en hastighet av 20-40cm/min vid användandet av en termisk låga. Silica-baserade aggregat kan generellt sett skäras i en högre hastighet än vad kalkstensbaserade. Stålpplattor och armering kan skäras i en högre hastighet i jämförelse med betong då stål genererar en högre temperatur när materialet reagerar med syret. Tekniken kan användas i trånga utrymmen och styrs då av robotar.

Spräckning genom elektrisk heating av armering

Metoden innebär att man avlägsnar ytskikt av betong genom att skapa en kontinuerlig spricka med elektrisk uppvärmning av ett antal armeringsstänger. Detta kan göras antingen genom "Direkt elektrisk heating" eller genom "Inducerad heating".

Vid *Direkt elektrisk heating* exponeras båda ändarna av armeringsjärnen och utrustas med elektroder. En hög växelspanning läggs på armeringsjärnen som expanderar av värmen. Den termiska expansionen av armeringen och kringliggande betong skapar ett dragbrott i betongen. En kontinuerlig spricka uppstår över de uppvärmda armeringsjärnen och bandet mellan betongen och armeringen försvagas. Betongytskiktet, och armeringen, kan sedan avlägsnas genom att försiktigt slå kring området med en hydraulisk hammare eller med en mejsel.

Vid *Inducerad heating* placeras armeringsjärnen i betongen i ett växelströmsfält genom en induktionsrulle, som genererar en virvlande strömstyrka genom armeringen. Resultatet blir en inducerad spänning och därmed värme i armeringsjärnen som används för att spräcka betongen. Processen har samma fördelar som "Direkt elektrisk heating" men är enklare genom att strömfältet appliceras direkt på betongen.

Spräckning genom elektrisk heating av betong

Betong kan demoleras genom ett dragbrott i betongen, som uppstår då betongen värms upp med elektrisk energi. Uppvärmningen sker antingen med mikrovågor eller med en kombination av högfrequens och högspänning.

Mikrovågtekniken används i industriella syften. En hornformad antenn appliceras på betongen, vilket polariserar vattenmolekylerna i betongen och värmer då upp materialet. Bortsett från reflektioner, passerar mikrovågen genom betongen. Det innebär att betongen värms upp från ytan till ett visst djup inåt, och att ett dragbrott uppstår i betongen p.g.a. temperaturskillnaden mellan ytan och insidan, vilket leder till att betongen spricker.

När *högfrequens och högspänning* kopplas till elektroder installerade i betong, ökar temperaturen i betongen vilket spräcker konstruktionen. Processen har samma fördelar som mikrovågsmetoden. Dess nackdelar är att området måste isoleras för att undvika olyckor och TV och kommunikationsmedel måste skyddas från störningar.

5 Maskiner

5.1 Sågar

Beroende på i vilken del av konstruktionen som sågningen ska ske, finns det maskiner anpassade för varje del. Olika användningsområden innebär olika storlekar på maskinerna och skiljda effekter.

I bilaga III redovisas olika verktyg för håltagning och några av dess egenskaper.

Handhållen såg

Maskinerna används vid yttlig sågning och när kravet på ett precist sågsnitt är lågt. Fördelen med en handhållen såg är kortare sågtid och ingen montagetid men skaderisken hos brukaren ökar däremot då sågen måste pressas mot väggen. Det innebär att brukaren står i direkt kontakt med maskinen och utsätts då för buller och stora mängder damm.

Väggsåg

Skenor monteras på vägg och i dessa skenor löper sedan sågen. Sågen styrs med en fjärrkontroll.

Golvsåg

Denna maskin går på hjul och skjuts fram över golvet. Det gör det enklare att såga ut lagom stora bitar av golvet som kan lyfta upp. Maskinen kan såga upp till 600mm.

Diamantsåg

Maskinerna är snabba, flexibla och ekonomiska. De är dessutom lätta att hantera och producerar noggranna resultat dock är livslängden på klingan begränsad. Problem som kan uppstå är t.ex. slö egg, snitt avvikelser, våldsamt vibration, hög buller nivå samt producerandet av en oacceptabel snittyta.

Rundsåg

Detta är en variant på vadersåg anpassad till att såga runda valv.

Diamantvadersågning

Vadersågarna blir mindre och smidigare samtidigt som leverantörerna har börjat tillverka eldrivna sågar som kan ersätta den hydrauldrivna sågen. Diamantverktygen blir bättre och skär snabbare än tidigare. Diamantvadersågen kan såga genom stort sett all typ av betong

och betongtjocklek, metoden lämpar sig därför till sågning av brobyggnation, dammar och tjocka betongkonstruktioner.

5.2 Bilningsmaskiner

Maskiner för bilning finns för mekanisk drift och pneumatisk drift. Maskiner för mekanisk bilning drivs med elektricitet. Hammarens effekt är relaterad till maskinens vikt, ju tyngre maskin desto mer effekt kan maskinen avge.

Pneumatisk bilning är inte lika kraftfull som mekanisk bilning. Pneumatiska maskiner kan variera i storlek, från mindre storlekar som en handhållen bormaskin upp till maskiner som lutar mot underlaget till de som är kranmonterade

Flishammare

Flishammare är en handhållen betong bilningsmaskin, som enkelt kan positioneras till att arbeta vertikalt eller till under-upp arbeten. Genom en kontrollerad rörelse flisar maskinen bort betong. Maskinen drivs med elektricitet, pneumatik eller hydraulik.

Kombihammare

En kombihammare är en hammare med både bilnings- och borrhingsmöjligheter. Kombinationen är möjlig eftersom chucken accepterar olika typer av bits. Hammarens styrka är att maskinen både kan rotera ett borr samt att maskinen kan använda varierande typer av mejslar. Dock har mångfalden sitt pris då hammaren får en reducerad kapacitet.

Demoleringshammare

Demoleringshammare levererar endast hammarkraft, till skillnad från kombihammaren, som även kan användas till att borra hål. Vad maskinen brister i mångsidighet väger den upp i kraft. Demoleringshammare kan leverera mer kraftfulla slag än kombihammaren - den ger c:a 35% mer kraft. Detta beror på att det finns färre delar i en demoleringshammare. Kolvslagen är också längre. Jämfört med kombihammaren är demoleringshammaren alltså ett effektivare redskap för demolering av betong och mursten.

Pneumatik hammare

Pneumatiska hammare används ofta vid demoleringsprojekt av brodäck, fundament och trottoarer. De kan vara handhållna eller kranmonterade. Effektivitetsgraden hos maskinen beror till stor del på hammarens storlek, betongkvaliteten, mängden armering och arbetsförhållanden. Pneumatiska hammare

- är lättmanövrerade,
- kan vara fjärrstyrda,
- kan användas för undervattensarbete
- och de ger en begränsad mängd vibrationer, buller och damm.

Produktiviteten hos maskinen varierar beroende på ett antal faktorer som betongkvalitet, åtkomlighet och kompetens hos brukaren. Effekten av slagenergin från hammaren är det viktigaste kriteriet vid val av hammare, eftersom hammaren måste kunna slå tillräckligt hårt för att kunna krossa betongen. Först när kravet på slagenergin är uppfyllt, tittar man på maskinens verkningsgrad.

Pneumatiska hammare arbetar bättre i trånga utrymmen än hydrauliska eftersom de pneumatiska har ett bättre vikt – effekt förhållande. Hammaren kan monteras på en bärarm, vilket innebär att montaget endast kräver mekaniska justeringar. Detta är möjligt då den externa luftkompressorn upphäver kravet på den hydraulik som krävs till en hydraulisk hammare.



Figur 5.1 Pneumatisk maskinmonterad hammare

6 Alternativa metoder

Traditionellt används slagbormmaskinen av installatörer för att montera rör och kablar. Ofta kan denna slentrianmässiga och störande metod ersättas av andra metoder som baseras på moderna material och tekniker. I detta kapitel ges några exempel på sådana tekniker.

Stomspikning

Det finns ett antal olika bultpistoler (stomspikningsverktyg) som till viss grad kan ersätta håltagning då rör, ledningar eller beslag skall fästas direkt på en golv- eller takyta. Användningsområdet för bultpistoler är montage av inredningar, metallprofiler, reglar, paneler, plåt m.m. på betong med en maximal spiklängd på 90mm. Fördelen med att använda sig av direkt infästningsteknik är den förenkling i jämförelse med borr- och bilningsarbeten, som erhålls genom lättare verktyg och bättre åtkomst. Det är inte enbart positivt med stomspikningsverktyg då även dessa verktyg ger ifrån sig buller och vibrationer även om det inte är i samma nivå som borr- och bilningsmaskiner. Moderna bultpistoler har ergonomiska och vibrationsdämpande grepp.

Tejpling

Det finns exempel på projekt där man i stor skala lämnat slagbormmaskinen och helt gått över till tejpling. I Öresundstunneln resulterade ett samarbete mellan Pro Steel AB och 3M i fasttejpade väggpaneler. Totalt tejpades det fast 13700 paneler med drygt två miljoner tejpbitar. Monteringen kunde ske snabbare än vid traditionell borrhning då man tog bort momentet med borrhning och skruvning. Enligt 3M är fördelarna med tejp följande:

- Den är brandklassad
- Den eliminerar ett tidskrävande borrhande och skruvande
- Den ger osynliga fogar
- Den kan sammanfoga olika typer av material
- Den rostar inte
- Den är kemikaliebeständig

Lim

Dagens limprodukter har blivit mer utvecklade och anpassade för att kunna användas inom byggindustrin. Det finns många användningsområde för just lim t.ex. för sammanfogning och montage av olika detaljer. Att behöva vänta för att kunna få en hanteringsbar produkt gäller inte längre, då vighäftningsförmåga är omedelbar. Limmen innehåller heller inte lösningsmedel vilket naturligtvis förbättrar arbetsmiljön för montören.

7 Ekonomi och buller

7.1 Ett typiskt exempel

Renovering av äldre hus är en normal byggverksamhet. Den är nödvändig för att byta ut delar som är utslitna och höja husets standard till dagens krav. Ombyggnad av äldre hus medför olägenheter för de som hyr lokaler eller bostäder och som inte flyttar ut under ombyggnadstiden. Vanliga problem handlar om tillgänglighet, damm och buller. För affärsverksamheter i lokaler kan ofta bullret vara den största olägenheten. För att belysa problematiken beskrivs här ett sådant ombyggnadsprojekt.

Ombyggnadsprojektet, som ligger i Göteborgs innerstad, byggdes på 60-talet. Det består av de tre huskropparna A, B och C, det har totalt fyra trapphus och det är 8 våningar högt. Det innehåller både hyreslägenheter och lokaler – två lunchrestauranger och flera separata kontor. Verksamheterna pågick under ombyggnadstiden. Husets stomme består av platsbyggnad betong med ytter- och mellanväggar av putsad lättbetong. Huset var alltså 50 år gammalt, i stort behov av renovering och följande ombyggnadsarbeten utfördes:

- Stambyten - alla vatten och avloppsledningar byttes ut.
- Byte av elledningar – alla lägenheter fick nya trefasledningar.
- Ventilationskanaler – de rensades och kompletterades, nya spaltventiler och don monterades
- Toaletter totalrenoverades – tätskikt som tidigare saknats lades in.
- Kök totalrenoverades – ny matta lades in och köksinredningen byttes.

Ombyggnadsarbetena kostade ca 17 miljoner kronor att genomföra. Byggnadstiden var planerad till 6,5 månader men den kom att ta 9 månader. En månad av denna tidsförlängning kunde hänföras till omplanering på grund av att buller från bilningsarbetena störde restaurang, butik och kontor. Återstoden av tidsförlängningen berodde till största delen på ritningsproblem.

Följande arbetsmomenten skapade störande buller:

- Bortbilning av kakelväggar och mosaikgolv som lagts i cementbruk.
- Uppbilning av ca 8 cm tjocka igengjutna installationsslitsar för stambyten.
- Frambilning av skadade igengjutna och dolda installationer.

- Slagborrning för att montera nya installationer.

Betongborrning och betongsågning med diamantutrustning kunde användas för vissa arbetsmoment. Det gav en acceptabel ljudnivå medan övriga använda metoder för bilning och borrning skapade betydande bullerproblem i fastigheten. Diamantutrustning kunde användas vid 60% av håltagnings- bilningsarbetena medan övrig bilning på grund av tekniska orsaker – t.ex. kräver diamantborrning större utrymme - fick ske med konventionella och störande metoder. Ur kostnadssynpunkt är metoderna ganska likvärdiga. Icke förstörande ledningsrenovering – relining – är ca 10 gånger dyrare än konventionella metoder och används endast där konventionella metoder inte kan användas. I detta fall användes relining i huskropp B eftersom ombyggnaden störde en butik under december månad, en period då butiken inte hade råd att begränsa sina öppettider.

Ombyggnadsarbetena skedde i 20 cykler med 4-5 lägenheter per arbetscykel. Bilning och annan bullerstörande verksamhet skedde regelbundet under dag 2-5 samt till och från under arbetsdag 6-10 i arbetscykeln. Bilningsarbetet skedde under normal byggarbets tid mellan 0730-1600 med avbrott för byggraster, som dock ej stämde med kontorens lunchraster.

Bilning kunde dock inte ske när som helst under arbetsdagen. Det finns på ett par ställen i husen kontor med telefonförsäljning mellan 9-12 och 13-17, detta innebär alltså att här skulle bilningsarbeten endast ha kunnat ske mellan 07³⁰ – 9 samt mellan 12-13. Då det fanns 2 lunchrestaurangen i fastigheten accepterades ej heller bilning mellan 12-13.

Vid möte mellan lokalhyresgästerna och entreprenören överenskomms att bilning fick ske mellan 0730 och 0900 dag 1 och 2 i arbetscykeln samt mellan 0730-12 dag 3-5. Om restaurangen ej stördes kunde denna tid utsträckas till 1300. Dilatationsfogarna visade sig ha en oväntad gynnsam dämpning av ljudet.

På grund av dessa begränsning att utföra bilningsarbeten uppstod följande merkostnader:

1. I tre av de fyra trapphusen förlängdes arbetena med 5 dagar för 5 man. Med en arbetskostnad om 250 kr/tim erhålls: $3 \times 5 \times 5 \times 8 \times 250 = 150$ kkr
2. På grund av den förlängda arbetstiden med ca en månad kommer också arbetsplatsens gemensamma kostnader att öka. De gemensamma kostnaderna är ca 20% av de totala kostnaderna dvs. $20\% \times 17$ miljoner 3,4 miljoner. Om hälften av denna kostnad betraktas som rörlig kommer detta att innebära en extra kostnad om $3,4 \times 50\%$ fördelat på 9 månader dvs. ca 190 kkr
3. I hus B användes relining vilket gav en merkostnad på ca 60 kkr

Totalt gav alltså bullerproblemen en extra kostnad om $150+190+60=400$ kkr eller ca 2,3% av produktionskostnaden.

Utöver detta uppstår en hel del andra kostnader såsom

- Extra möten med hyresgäster för att undvika och bemöta klagomål.
- Sämre arbetsmiljö för hyresgäster och byggnadsarbetare.

- Störningar långsiktigt för byggföretagets image.
- Långtidssjukskrivningar, arbetsskador för byggnadsarbetare och hyresgäster.

I detta högst normala ombyggnadsprojekt kan vi konstatera:

- Det finns ett stort kostnadsutrymme att hyra dyrbarare bilningsutrustning.
- Betydelsen av dilatationsfogar borde uppmärksammas mer av konstruktörerna
- Man borde undersöka om det finns bättre material att gjuta in stammar i så att de lättare kan demonteras vid stambyte. Är brandisolering och ljudisolering i så fall ett tänkbart problem?

7.2 En modell för beslutsfattande

Kalkylerna i exemplet ovan bygger på ett särkostnads-/särintäktsperspektiv. Med begreppen särintäkt/-kostnad menas sådana intäkter/kostnader som uppkommer på grund av att bullrande aktiviteter genomfördes med de metoder som här valdes.

Ett speciellt kalkylproblem är att intäkter och kostnader ofta inte är direkt mätbara i pengar. Vissa faktorer som maskinhyrkostnader och extra arbetstid kan med reservation för osäkerheterna i siffrorna relativt lätt beräknas i kronor. Däremot är det svårare att i kronor värdera de negativa effekterna av en sämre arbetsmiljö och irritation från störande buller. En dålig arbetsmiljö kommer förmodligen att sänka arbetstakten och skapa fler fel i produktionen. Oftast finns dessa faktorer inte med i kalkylen. Vi bör alltså skilja på ”hårda faktorer” som vi enkelt kan mäta i kronor och ”mjuka faktorer” som påverkar produktionen och omgivning, men som är svårare att mäta i kronor.

Ett annat problem är att kostnader och intäkter inte alltid uppstår samtidigt. I många fall kommer intäkterna av gjorda investeringar senare och under många år framåt i tiden. Värdet av dessa intäkter är större ju snabbare vi får dem och kalkylräntans storlek bestämmer hur stort nuvärdet eller annuiteten/årskostnaden blir. Vi måste alltså också skilja på faktorer som ger särintäkter/-kostnader på kort alternativt på lång sikt. Det förbättrar förutsättningarna för ett bra beslutsfattande att använda en beslutsmodell som strukturerar och gör alla faktorer synliga för de val av bilningsmetod. Ett sätt är att man delar upp intäkter och kostnader i mjuka/hårda faktorer samt korta/långa faktorer enligt figur 7.1 nedan.

Mjuka faktorer	Särintäkter och Särkostnader	Särintäkter och Särkostnader
	Särintäkter och Särkostnader	Särintäkter och Särkostnader
Hårda faktorer	Kortsiktiga faktorer	Långsiktiga faktorer

Figur 7.1 Beslutsmodell med

Om vi finner ett alternativ med en maskin som reducerar bullret på ett markant sätt bör vi i vår beslutskalkyl ta med följande särintäkter och särkostnader.

Särintäkter för minskat buller

- Inga separata bulleranpassningar: I försök att sänka bullernivåer med t.ex. mattor som dämpar bullerkällan, kan man med en utvecklad maskin sänka kostnaderna för detta.
- Lägre exponeringstider: Minskning av den tid som arbetarna på platsen utsätts för skadligt buller.
- Bättre arbetsmiljö: Genom lägre bullernivåer förbättras arbetsmiljön för de som vistas i angränsande områden där håltagningen/demoleringen sker. Det ger reducerade antal arbetssjukdomar och som ev. reducerar risken för arbetsolyckor då buller i sig har en maskerande effekt för t.ex. varningsrop m.m.
- Minskat inkomstbortfall: Brukaren utsätts för lägre bullervolymer vilket ökar effektiviteten i brukarens arbete som leder till minskat inkomstbortfall.
- ”Exponeringsradien” minskar – fler i arbete: Många väljer att inte arbeta i närheten av en t.ex. håltagning som låter mycket. Kritiska moment som kräver precision kan utföras.

- Ökad marknad: Då det är många arbeten som måste utföras ”tyst” används andra metoder. Med tystare maskin kan man återfå den del av marknaden som tidigare inte tolererat vissa ljudvolymmer.
- Bättre effektivitet: Genom en maskinutveckling kan maskinens effektivitet öka.
- Högre effektivitet: Det är inte bara brukaren av maskinen som påverkas av bullret utan även andra yrkesgruppers effektivitet reduceras. En produktutveckling innebär då att effektiviteten hos andra yrkesgrupper ökar.

Särkostnader för minskat buller

- Eventuell sämre effektivitet: Genom en maskinutveckling kan maskinens effektivitet minska för att bullernivåerna skall reduceras.
- Inlärningstid: En ny maskin kräver inlärningstid och inkörningstid för att maskineffektiviteten innan den når sin fulla kapacitet.
- Dyrare maskinhyra: En utveckling för att reducera bullret gör att hyran för maskinen ökar då kostnaderna för utvecklingen delvis beläggs på maskinen.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

I denna förstudie om buller vid byggande har vi arbetat i en grupp om 7 personer. Vi har möts i 8 möten och träffat några personer knutna till maskinutveckling. Vi representerar byggare, maskinuthyrare, akustiker samt högskolan. I denna rapport finns i de tidigare kapitlen 1-7 redogjort för fakta kring akustik, krav på maximala nivåer, håltagningsmetoder, alternativa metoder samt en ekonomisk syn på vad buller kostar.

Vi har fått en positiv respons via emailförfrågan – det är en viktig frågeställning och det är bra ”att vi satt igång med något”. Vi konstaterade också att även om Sverige är litet så är detta ett världsomfattande problem

I kapitel 4 finns ett antal håltagningsmetoder beskrivna. De flesta av dem finns tillgängliga på marknaden. Utöver dessa metoder har vi under mötenas gång funnit ett flertal idéer om hur man skulle kunna reducera oönskat buller:

- *Tigersågen* har först efter att den börjat användas avsevärt utvecklats – efterfrågan skapar utveckling. Bilningsrobotar finns för olika stora - aggregat men de långa ställtiderna gör att efterfrågan på dessa maskiner inte är så stor.
- *Rensning av dilatationsfogar* kan vara ett bra vara ett sätt att dämpa ljudutbredningen.
- *Borring med mothåll*. En vikt pressas mot väggen och får en motriktat acceleration mot slagborrets som på detta sätt tar ut varandras energier. Ett alternativ till detta kan vara att borra två hål samtidigt med motriktade rotationer.
- *Klenhåls torrborring* är en bra idé, som dock flyttat utomlands.
- *Tejpnig*. Applikationer på fuktig betong är möjligt men vilka maskiner för montage finns det?
- *Termolans*, som har använts vid bilning i kraftigt armerade engelska skyddsrum.
- *Laser*, som skulle kunna ge en mer koncentrerad verkan.

- *Försiktig sprängning.* Det finns en uppfinnare i Vårgårda som testat ett sådant system för bergsprängning.
- *Vattenjet,* som används i anläggningsprojekt men som orsakar mycket vatten och kräver mycket tung utrustning.
- *Kemiska metoder.* Syra?
- *Förutseende konstruktion.* Man kan t. ex. genom en göra det lättare att t.ex. byta stammar i framtiden om kringgjutning av rör görs med mindre hållfast material än konstruktionsbetong.
- *Ny tyst maskin.* En japansk tillverkare har en tysta bormaskin på gång. De ljudnivåsänkningar vi kunde mäta upp, tillsammans med en modifiering mot lägre varvtal och större anliggningskraft, skulle ge en nästan konventionell borrhörning med nästan 20 dB lägre ljudnivåer. Denna teknik kan mycket väl fungera i vissa fall, t.ex. mot butiker, kontor mm där man kan acceptera en viss ljudnivå. Mot bostäder måste man nå ännu längre för att kunna arbeta störningsfritt.

Vi har också konstaterat att lågt buller kan erhållas genom hög frekvens och lågt tryck eller låg frekvens och högt anliggningstryck. (Jämför bergborring för t.ex. jordvärme. Har maskintillverkarna förstått att det inte alltid är snabbheten som är viktigast?) De sämsta alternativet är det som vi har nu vid "normal" bildning någonstans mitt emellan.

Buller vid håltagning är ett omfattande och svårt problem med många infallsvinklar. Det har vi blivit varse om under projektets gång men vi har också blivit varse om att det finns en mängd olika tekniker som reducerar olägenheterna. Det finns också ett flertal uppfinnare som har mer eller mindre goda idéer för problemets lösning. Emellertid tycks det inte som om beställarna och entreprenörerna har insett att mycket också hänger på dem, att ställa krav på reducerat buller respektive att våga testa nya produktionsmetoder.

Vi tror avslutningsvis att det krävs ett fortsatt utvecklings- och forskningsarbete inom följande områden:

- Att göra byggbranschens aktörer medvetna om att bullerproblemet går och bör lösas.
- Att skapa efterfrågan och marknad för lågbullrande håltagningsmetoder.
- Att utveckla och testa befintliga och nya metoder. Metoder som inte nödvändigtvis alltid måste innebära bilning eller borrhörning.
- Att påverka arkitekter och tekniska konsulter så att deras tekniska lösningar i så hög grad som möjligt undviker större håltagningar.

Referenser

AFS 1992:10 Arbetskyddsstyrelsens författningssamling *Buller*

AFS 2005:16 Arbetsmiljöverkets författningssamling – Arbetsmiljöverkets föreskrifter om buller och allmänna råd om tillämpning av föreskrifterna

Anumba, Chimay; Abdullah, Arham; Fesseha, Tewedros (2003) *Selection of demolition techniques* Structural survey, volym 21, nummer 1/2003, Storbritannien

Arbetskyddsstyrelsen (1981) *Buller och bullerbekämpning* Arbetskyddsstyrelsen, Solna

Andersson, Johnny (1998) *Akustik & buller 4:e utgåvan* Svensk byggtjänst AB, Stockholm

Dimas katalog 2004

Europaparlamentets och rådets direktiv 2002/44/EG *Minimikrav för arbetstagares hälsa och säkerhet vid exponering för risker som har samband med fysikaliska agens i arbetet* SOSFS 1996:7 *Socialstyrelsens allmänna råd om buller inomhus och höga ljudnivåer*

HIB-Info nr 2/2003

Jonasson, Hans *Maskindirektivet m a p buller och vibrationer* SP-Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

Kasai, Yoshio (1989) *Demolition of concrete structures by heating* Concrete international: design & construction, Detroit, Michigan, USA

Karlén, Lennart (1983) *Akustik i rum och byggnader* Svensk Byggtjänst AB, Stockholm

Kinsler, E. Lawrence; Frey, R. Austin; Coppers, B. Alan; Sanders, V. James (2000) *Fundamentals of acoustics* John Wiley & Sons, Inc, USA

Lou, Y. S. (1995) *Characteristics of diamond sawblade wear in sawing* Elsevier Science Ltd, Storbritannien

Molin, Christer *Localized cutting in concrete with careful blasting* CBI forskning 2/1983

Weiner, David (1987) *Vibrationssskador inom industrin* Byggforskningsrådet, Stockholm

Ängshammar, Tomas *Konkurrensen hotar säkerheten* Byggindustrin nr 28/2002

BILAGA I

Håltagningsmetoder

Jämför Molin (1983)

Metod för håltagning	Borring	Sågning	Bilning	Spräckning	Försiktig sprängning	Heating	
Innehåll i metod	Borring, slagborr, diamanborr, kärnborr	Sågning, diamantsågning vadersågning	Mekanisk-, vatten- och ultraljud bilning	Mekanisk och kemisk spräckning	Försiktig sprängning	Termisk borring och håltagning, spräckning genom heating av betong och armering.	
Förberedelse och extern transport	Initial situation: Utrustning hämtas och transporteras till platsen	Initial situation: Utrustning hämtas och transporteras till platsen	Initial situation: Utrustning hämtas och transporteras till platsen	Initial situation: Utrustning hämtas och transporteras till platsen	Initial situation: Utrustning hämtas och transporteras till platsen	Initial situation: Utrustning hämtas och transporteras till platsen	
Montering och intern transport	Elektricitet och vatten, transport av utrustning inom projektet	Elektricitet och vatten, transport av utrustning inom projektet	Elektricitet och vatten, transport av utrustning inom projektet	Elektricitet och vatten, transport av utrustning inom projektet	Elektricitet och vatten, transport av utrustning inom projektet	Elektricitet och vatten, transport av utrustning inom projektet	
Installation	Ev. Installation av ställning	Samling av sågutrustning, installation av guider	Installation av utrustningen, ev. koppling till kompressor	Installation av utrustningen	Precisions borring, laddning, och skydd	Installation av utrustningen	
Disintegration av betongen	Borring	Sågning, ev. diamantsågning	Bilning	Spräckning	Sprängning	Heating	
Kapning av armering	Sker ingen	Sker samtidigt som betongen	Hydraulisk kapare	Skärbränning	Hydraulisk kapare	Hydraulisk kapare, skärbränning	
Påföljande arbete	Ej behövligt	Hantering av betongblock, städning	Bortförning av material	Rengöring av perimeter, bortförning av material	Rengöring av perimeter, bortförning av material	Bortförning av material	
Intern transport av demoleringsmaterial	Transport via skottkärra ut ur byggnaden	Transport via truck, ut genom trappor	Transport via skottkärra ut ur byggnaden	Transport via skottkärra ut ur byggnaden	Transport via skottkärra ut ur byggnaden	Transport via skottkärra ut ur byggnaden	
Nedmontering och omplacering	Utrustning transporteras till nästa plats	Nedmontage, utrustning transporteras till nästa plats	Utrustning transporteras till nästa plats	Utrustning transporteras till nästa plats	Utrustning transporteras till nästa plats	Utrustning transporteras till nästa plats	
Extern transport och återlämning	Utrustning återlämnas	Utrustning återlämnas	Utrustning återlämnas	Utrustning återlämnas	Utrustning återlämnas	Utrustning återlämnas	
Extern transport av demoleringsmaterial	Transport till återvinningsstation	Transport till återvinningsstation	Transport till återvinningsstation	Transport till återvinningsstation	Transport till återvinningsstation	Transport till återvinningsstation	
För- och nackdelar	+	Lätt, portabel utrustning, inga spännings-sprickor	Snabb, flexibel, lätthanterlig, noggranna resultat	Tyst	Tyst, dammfri	Bra arbetsmiljö, mångsidig	Tyst
	-	Begränsat användningsområde	Begränsad livslängd klinga	Ingen/liten kontroll över sprickbildning	Outvecklad teknik	Outvecklad teknik	Outvecklad teknik

BILAGA II

Jämförelse mellan håltagningsmetoder

Generell jämförelse av håltagningsmetoder, baserad på Molin (1983) tabell 7.4

Jämförelsen är gjord metoderna emellan:

- + Positiv i jämförelse med resterande håltagningsmetoder.
- Negativ i jämförelse med resterande håltagningsmetoder.
- 0 Varken positiv eller negativ.

* Diamanttekniken kan användas både våt och torr, jämförelsen grundas på våt tillämpning.

Översikt för- och nackdelar	Demolerings kapacitet	Tillstånd	Hanterbarhet av maskin	Transport av maskin inom arbetsplats	Behov av elektricitet och vatten	Skadande effekt på konstruktion	Skyddsåtgärder	Buller och vibrationer
Borring	- Dålig kapacitet	+ Inget tillstånd behövs	+ Lätthanterlig	+ Lättransporterad	- Behov av både vatten och elektricitet*	+ Inga skador	0 Skyddsåtgärder kan förekomma	0 Märkbara värden, ej vid diamantborring
Sågning	0 Varken eller	- Tillstånd behövs	- Svårhanterlig	- Svårtransporterad	- Behov av både vatten och elektricitet*	+ Inga skador	0 Skyddsåtgärder kan förekomma	0 Märkbara värden, ej vid diamantsågning
Bilning	+ Bra kapacitet	- Tillstånd behövs	- Svårhanterlig	- Svårtransporterad	- Behov av både vatten och elektricitet*	- Skador kan förekomma på kringliggande struktur	0 Skyddsåtgärder kan förekomma	- Höga värden, ej vid vattenbilning
Försiktig sprängning	+ Bra kapacitet	- Tillstånd behövs	+ Lätthanterlig	+ Lättransporterad	+ Inget behov	- Skador kan förekomma på kringliggande struktur	- Höga skyddsåtgärder	- Höga värden
Pressure bursting	- Dålig kapacitet	- Tillstånd behövs	0 Varken eller	0 Varken eller	- Behov av både vatten och elektricitet	0 Skador kan förekomma vid felaktigt användande av tekniken	+ Inga skyddsåtgärder	+ Inga givna nivåer
Breaking	0 Varken eller	+ Inget tillstånd behövs	+ Lätthanterlig	+ Lättransporterad	+ Inget behov	0 Skador kan förekomma vid felaktigt användande av tekniken	+ Inga skyddsåtgärder	? ?

BILAGA III

Verktyg för håltagning

Verktyg för håltagning	Metod	Begränsning	Exempel maskin	Förutsättningar	Buller och vibrationer	Kapacitet / Kostnad	Fördelar	Nackdelar
Borrning	Borrning						Lätt, portabel, inga spänningssprickor	
Slagborr	Borrning				Buller och vibrationer			
Diamantborr	Borrning	Torr- och våtborrning		Elektricitet, vatten			Mindre buller och vibrationer än slagborr	Vattenuppsamling
Kärnborr	Borrning	Torr- och våtborrning		Elektricitet, vatten				
Såg	Sågning			Elektricitet				
Väggsåg	Sågning	Sågning i väggar och golv upp till 73,5 cm						
Diamantsåg	Sågning			Elektricitet, vatten			Tystare än trad. sågning	Vattenuppsamling
Vajersåg	Sågning							
Rotary hammare	Handhållen bilning			Elektricitet	Buller och vibrationer			
Demoleringshammare	Handhållen bilning			Elektricitet	Buller och vibrationer			
Pneumatik hammare	Handhållen bilning			Elektricitet	Buller och vibrationer			
Chipping hammare	Handhållen bilning			Elektricitet	Buller och vibrationer			
Mekaniskbilning	Maskinell bilning			Elektricitet	Buller och vibrationer			
Pneumatiskbilning	Maskinell bilning			Elektricitet	Buller och vibrationer			
Ultraljudsbilning	Maskinell bilning			Elektricitet	Tyst, inga vibrationer			Outvecklad teknik, kräver konstant rengöring av munstycke
Vattenbilning	Maskinell bilning			Elektricitet, vatten	Tyst, inga vibrationer			Vattenuppsamling
Pneumatisk och hydraulisk breakers	Maskinell bilning			Elektricitet				
Mounted breakers	Maskinell bilning			Elektricitet	Buller och vibrationer			Slagenergi
Hydraulisk splitter	Pressure burstning/ mekanisk burstning			Elektricitet, för borrarade hål	Tyst, inga vibrationer	En av de billigare burstningmetoderna		Initial håltagning avger buller och vibration, okontrollerbar sprickbildning
Kemisk burstning	Pressure burstning			För borrarade hål,	Tyst, inga vibrationer	Kostsammare än mekanisk burstning	Kontrollerbar sprickbildning,	Temperaturkänslig
Försiktig sprängning	Försiktig sprängning			För borrarade hål	Buller och vibrationer		Mångsidig, flexibel	Avger vibrationer, högt säkerhetsfaktor, okontrollerbar sprickbildning
Termit flame lance	Heating/ termisk borrarning och håltagning			Elektricitet				Hett arbete
Plasma powder flame lance	Heating/ termisk borrarning och håltagning			Elektricitet				

BILAGA III forts
Maskiner för håltagning

forts.. Verktyg för håltagning	Metod	Begräns- ning	Exempel maskin	Förutsättningar	Buller och vibrationer	Kapacitet / Kostnad	Fördelar	Nackdelar
Direct electrical heating	Heating / forcering och avskalning av betong			Elektricitet				
Inducerad heating	Heating / forcering och avskalning av betong			Elektricitet, bilningsmaskin	Vibrationer, buller			Bilningsmaskin för att avlägsna betongen vid borttagning av betongen
Mikrovåg	Heating / brytning och avskalning av betong			Elektricitet				
Högfrekvens med högspänning	Heating / brytning och avskalning av betong			Elektricitet				Hög säkerhetsfaktor

